



TITLE:

フラウンホーファ線の相対論的變移に関する論證の現状: 去る2月28日獨國物理學會に於ける講演

AUTHOR(S):

フロインドリヒ, E. F.

---

CITATION:

フロインドリヒ, E. F.. フラウンホーファ線の相対論的變移に関する論證の現状: 去る2月28日獨國物理學會に於ける講演. 天界 1930, 10(112): 274-286

ISSUE DATE:

1930-07-25

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/161551>

RIGHT:

# フラウンホーファ線の相對論的 變移に関する論證の現状

(去る2月28日獨國物理學會に於ける講演)

ポツダム天文臺アインシュタイン塔主任

**E. F. フロインドリヒ**

一般相對原理の結果として直接に證明し得る二つの事項——即ち、太陽の重力野に於ける光線の屈折と、フラウンホーファ線の赤色變移と——に関する研究の現状は、大體同じ程度のもと言へませう。兩つとも、今は、或る確かさを以つて、證明し得られたとも考へられますが、しかし、此等の現象を或る特別な條件の下に證明したことから、次ぎに、相對原理の綜合的立證といふ方面に移るためには、そこに、未だ容易に解き得ない特殊な問題が横たはつて居ます。殊に其れは太陽のスペクトル中にある黒線の一般赤色變移の證明に關して然りであります。吾々が此の光線變移の問題を一個の純な問題とし、其の解決の困難を全く實驗的性質のものとし、場合に、この赤色變移の疑問は、結局、太陽の雰圍氣に關する全問題を提供するわけであります。この場合、問題は單に「太陽の線は相對原理が要求する赤色變移を體現するか否か？」といふに止まらず、もつと立ち入つて、「太陽の表面全部にわたつてスペクトル中に現はれてゐる種々なる黒線變移の異常な複雑交錯の中から、相對原理に原因する一般赤色變移、即ち波長の $\frac{2}{1000000}$ だけの量を、他のより大なる變移や、より小なる變移等いろいろの現象から區別することが出来るか否か？」といふことになります。

フラウンホーファ線の一般赤色變移が認められる得るものであるといふ事は、既に相對原理の提唱以前に確立された所であります。當時、之れは太陽の氾濫層中にあると考へられた幾氣壓といふ高壓のために起ると思はれてゐました。此の種の壓力變移は實際地上に於ける實驗的研究によつて、多くの黒線中に、僅かに存在することが知られて居りましたが、しかし、1914年頃、英國の天體物理學者エヴァシエド氏が、太陽スペクトル中

の、壓力に敏感な線と、鈍感な線との比較研究によつて、觀測された赤色變移と、各線の壓力係數との間に、何も信據すべき一致關係が無いことを立證しました。そこでエヴァシエド氏は、初め、此の現象について、他の解釋法を求めましたが、其れは、恰も當時アインシュタインが同價説 (Äquivalenzhypothese) よりの必然的結果として、太陽黒線の一般變移といふことに解決を見出すより外に道がありませんでした。第1表に、當時エヴァシエド氏とファブ・リブイソン氏とが太陽スペクトル中の壓力に敏感な線の測定から得られた數値と、理論から要求される數値とを並べて見ました。これほど理論との良き合致を、當時は人々が皆首肯しませんでした、それは全く、相對論の原理を、人々は皆疑つてゐましたのと、同時に又、彼等は特に此の證明に用ゐられた觀測結果を以つて、相對論のために意義深いものと考へなかつたものであります。人々は又、最初、此の問題の實際上の困難を充分に意識しなかつたのでした。

第 1 表

エヴァシエドの測定			ファブリ・ブイソンの測定		
波 長	觀測されし變移	理 論	波 長	觀測されし變移	理 論
4040Å	+ 0.0078	+0.0081	4250Å	+ 0.0062	+0.0085
4500	+ 0.0071	+0.0091	5300	+ 0.0103	+0.0106
5170	+ 0.0093	+0.0103			

私は今こゝで赤色變移の證明のために行はれた最初の特別な觀測研究の事を述べますに先立ち、まづ、求められてゐる現象の數量程度と、觀測方法の精度とのことを申しませう。

さきに述べました通り、相對論に於いては、總てのフラウンホーファ綫が一樣に其の波長の  $\frac{2}{1000000}$  だけづつ變移することが主張されます。即ち、例へば、波長4000Å の線ならば +0.008Å だけ其の線が赤の方へ移るわけでありまして、之れをドブラー現象とすれば、毎秒 600米の速度に相當します。ところが、一方に於いて、現代の高塔望遠鏡による比較的波長測定法からすれば、二三十本の太陽黒線を、其れに相當する地上光源 (例へば

電氣孤燈の)の線と比較研究しますと、 $\pm 0.0003\text{\AA}$ の程度の平分誤差を以つて波長の決定が出来るのでありまして、之れはドブラー現象に引き直して、毎秒二三十米程度の速度といふことになります。ですから、求めるべき赤色變位は容易に證明し得べき程度の分量なのであります。しかしながら、此の證明の困難は、地上光源にも、宇宙光源(太陽)にも認められる波長其のものの不安定といふことにあります。

壓力變移のために波長が偽瞞されるかも知れない怖れを妨ぐために、私は、相對論の證明のため特に先づシヴルツシルド、セント・ジョン、エヴァシエド、グレーベ、バヘム等によつて行はれたシャン帶の波長  $3883\text{\AA}$ の線のことを述べませう。此の線は全く壓力には不感の線なのでから、ところが上述の人々の觀測は皆可なりよく一致して、理論上要求されるよりも少量の赤色變移を認めました。即ち、 $0.008\text{\AA}$ だけの變移でなくて、むしろ、シヴルツシルドは  $0.002\text{\AA}$ だけを、又、エヴァシエドは  $0.005$ を、セント・ジョンは、又、微光の線について殆んど信賴し得ざる程度の變位を認めました。只、グレーベとバヘム兩氏だけは、若しシャン帶の中の、完全に對照的な線を用ゐる、隣接する線によつて妨害されなければ、ほぼ理論に合致する結果を得られるといふことを證明しました。此の兩氏は實際觀測から(理論の要求する毎秒  $0.60$ キロといふ速度に對して、) $0.56$ キロといふ結果を擧げて居られます。尤も、こゝに用ゐる得る線の總數は僅か 9本であり、セント・ジョン氏の特に此の撰ばれた線について觀測値の平均からは、只、求められる數値の半ばに過ぎない  $0.3$ キロといふ結果が得られましたけれど。

こうした初期の研究によつて得られた結果だけでは、相對理論のために賛否何れとも判定は與へられません。もつと充分な觀測によつて始めて、問題の解決のための新材料が與へられるのであります。此等の事の後、サハ氏が提唱しました恒星スペクトル理論によつて、フラウンホーファ線の根元である太陽の『氦逆層』中の壓力は僅かに  $\frac{1}{10000}$  氣壓、換言すれば、水銀柱  $0.1$ ミリ程度であることが知れました。ですから、太陽線が壓力効果のために影響されるといふことの心配は無くなり、従つて、近年、赤色變移の證明のために行はれる繼續的な觀測は總て、シャン帶の諸線のみならず、

もつと他の金屬線、殊に多くの鐵線について行はれることになりました。ところが、最初の頃シャン帯について行はれた觀測と理論との不一致の原因に關しては、今なほ判明致しません。次に述べます 赤色變移證明の觀測結果は、キルソン山天文臺とアレゲニ天文臺とで行はれたものであります。しかし此等の觀測結果は決して 無條件に相對論の要求に一致してゐるのではないのでありまして、從つて、今尙ほ理論と 實驗の完全なる合致とは言ひ得ないわけでありまして、しかし此の兩所の觀測により、とにかく、フラウンホーファ線の或る種の赤色變移が存在する事だけは疑へなくなりました。觀測の方法はしかし、兩方の本質上互ひに相違したものであります。

詳しく申せば、此の問題は原則上全く違つた方法で 検討されます。一つは批判的な物理學者としての立場から、二つの異なる 光源からの波長を互ひに比較する方法であつて、之れはワシントンの標準局(Bureau of Standards)とアレゲニ天文臺の バーンズと メガース兩氏とが協同して 赤色變移問題を研究した方法であります。又、他は、天文學者としての立場から、太陽を言はゞ種々の個性を持つ一種の「生きもの」の如く取り扱ふのでありまして、之れはキルソン山天文臺のセント・ジョン氏が此の問題を解くために用ゐた方法であります。言ふまでもなく、此の二種の方法の 違ひは、觀測其のものに何の影響も與へるわけではありません。只、しかし、其の觀測結果の意味には大變な影響があります。バーンズ・メガース兩氏\*の觀測では、僅かに直徑 4ミリの太陽像を用ゐました。從つて之れは太陽表面上の細かい研究を目的としたのではなくむしろ太陽光線の積分値を以つて研究されたのであります。故に、此の場合、太陽は單に一個の普通の 光源として用ゐられたに過ぎません。地上光線として、バーンズ・メガース兩氏はネオン燈又は眞空電弧(ほゞ氣壓60ミリ以下)を用ゐました。日光と地上光源とは共にエタロン(干涉計)を通過して分光器のスリットにまで送られて、平面格子のため分散されて一列づつの光輪となります。之れを、波長 $4073\text{\AA}$

\* Publ. of Allegheny Obs. VI. Nr.7. 後に同出版物 VI. No. 8 にメガースとキース兩氏の最近の研究結果が出てゐるが、之れも前記のものと大した 違つた結果のものではない。

から 4754Å までの鐵及びチタン線約 300本について測定されたのでした。

太陽と真空電弧との比較研究の結果は第一圖で示されてゐます。横軸はローランド流の線の強さを表はし、縦軸は、地上線に對する日光線の赤色變移を表はします。第一、最も著しい事は、赤色變異が線の強さの影響をひどく受けてゐることであります、こんな事は相對論の要求する所でないのは勿論であります。次に、波長  $350\text{\AA}$  ほどしか相互に違つてゐない日光線の二群が千分の  $3-4\text{\AA}$  にも上る違ひを赤色變移現象に表はしてゐることあります。相對論では、此の範圍内でせいぜい千分の 0.7 ぐらゐの違ひしか無い筈であります。此の第二の現象については、スペクトルの互ひに違つた部分に於いて、線の強さの尺度が違ふのによつてといふ説明を、バーンス・メガース兩氏は正しく下してゐます。線の強さと共に赤色變移の違つて行くことは、今は暫定的に一種の「光度差」(Helligkeitsgleichung) 即ち、線の強さが増すと共に、系統誤差も増すものとされ、従つて之れは決して理論的に豫想される赤色變移と思はれません。何故となれば、觀測から見て、微弱な線の場合は赤色變移が理論の要求する量以下に落ちて了うのですから\* バーンス・メガース兩氏が推定してゐる如く、スペクトル線が(一部は格子のために起つて来る)一方に偏有する伴線(Begleiter)を持つてゐる場合には、線の強さが増すと共に、其の重心が變位することはあり得るのであります、今日までは、常に、太陽スペクトル中の吸収線と、地光光源の發光線とが比べられるのですから、此の種の系統的誤差が差別觀測(differentielle Messungen)からでも除去されない筈であります。何故と言へば、地上光源の線の強度は必ずしも日光中のそれ等と並行するものではないのですから。次ぎに述べます通り、ボツダムの觀測では此の種の誤差の存在を如實に證明し得ます。

かういふわけで、バーンス・メガース兩氏は、相對論の要求する赤色變移

\* バーンス・メガース兩氏の後年の觀測(Publ. All. Obs. VI, Nr. 8によれば、波長5805—7141Åにわたる日光線研究に於て、光の強さに伴ふ赤色變移の系統的關係は再び明らかに現はれてゐる。測定された赤色變移は、理論の要求する量よりも遙かに下つてゐる。しかし最も微弱な線と雖も、少なくとも零より大きいことは疑はれない。

については觀測上確證を擧げることは當分出來ないとして、此の問題に對しては總括的に懷疑的態度を取つて居られます。

此の問題に關して、キルソン山のセント・ジョン氏は<sup>\*</sup>、上述のバーンズ・メガス兩氏の研究とほゞ同じ頃に自ら行つた約1500本のフラウンホーファ線の觀測から、可なり異つた判斷を持たれて居ます。氏の觀測は、キルソン山天文臺にある二つの高塔望遠鏡で、直徑20センチ及び50センチといふ大きさの太陽像について行はれたのでありまして、其の一部は太陽の中央部を他の一部は太陽の邊緣部を目ざし、純天文學的立場から、光源たる太陽の性質を見て檢討されたのであります。若し、觀測の結果の意味について多くの説が行はれるものとすれば、太陽線の中に相對論の要求する赤色變移の存在する問題の徹底的解決は、此の如き廣い基礎の上に立つて、現象の討議が行はれるべきが當り前であります。今こゝに述べます觀測では、幾百本の鐵線と、500本以上のシャン線と、其の他多くの元素の線について行はれたものでありますけれど、それでも尙ほ最後の斷定を下すまでには至りません。只、定量的に言へば、セント・ジョン氏の測定結果と、バーンズ・メガス兩氏の結果とは、互ひに違つたものではありません。即ち、セント・ジョン氏の測定も亦線の強さと共に赤色變移の増すことを示してゐます、只しかし、バーンズ・メガス兩氏のものと違ふ點は、平均の總括的赤色變移が、ほゞ正しい量を示してゐる事實を疑ふことが出來ないことであります。即ち、最も微光の線でさへ、明らかに著しい變移を正しく表はしてゐます。(第1圖と第2表を見られよ。)しかし、此の二つの觀測は數量的には決して互ひに一致して居りません。セント・ジョン氏の場合には、線の強さと變移との關係に同じく、波長も同様な關係を示して居りますから。

上述の如くバーンズ・メガス兩氏の觀測では、赤色變移は、營に線の強さばかりでなく、波長によつても異なること(波長に共に増す割合は、理論の要求するよりも以上である)明らかでありましたが、第2表の場合にも此の二種の現象を材料の中から區別することが出來ません。しかし、セ

\* Contribution, Mt. Wilson Obs.Nr. 348

第 2 表

線の強さ	平均波長	観測による變移	観測と理論との差	線の 数
13.6	3943A	+0.0110	+0.0027	34
6.2	3917	+ .0082	.0000	33
5	3974	+ .0071	- .0013	42
4	4026	+ .0068	- .0017	76
3	4106	+ .0065	- .0022	94
2	4219	+ .0063	- .0026	46
1	4269	+ .0059	- .0031	42

ント・ジョン氏は此の現象を、全く線の強さにのみよるものとして、次の如く解釋して居られます。即ち、太陽雰圍氣の全現象について氏の廣い經驗から判斷して、セント・ジョン氏が持つてゐられる説によれば、フラウンホーファ線の強さといふものは、其の線を現はしてゐるガス層の高さについて可なり適確な論據を與へるものであり、尙ほ又、それぞれのガス層の中では強さや方向の異なる種々の視線運動が存在するといふのであります。最も強い線を現はす最外部層は、内部へ向ふガス流を表はします。故に、相對論の要求する赤色變移へ、尙一つ、赤へ變移するドブラー効果が加へられます。(第2表の最強の線J=13.6を見られよ)。又、6.2といふ中位の強さを持つ線群は、ほぼ中和相<sup>7</sup>(neutraler Faser)に達してゐますから、相對論から豫想される赤色變位がほぼ正しい分量を示してゐます。更にもつと微光の線では、層の深さが増すため(即ち、強さが減するため)、それに應じて、外方へ向ふ視線流動が増し加はり、従つて其のために、相對論から起る赤色變位の觀測量を減少させることになります。

セント・ジョン氏は此の考へを、今までの同氏の種々な天文學的經驗によつて確かめようと力めて居られますが、之れには勿論なほ多く證明を加へ得べき點がありませう。しかし又、此の現象を斯く簡単に解明するのに對して異論もあること無論であります。例へば、同氏が、同じ復線の中から強さの異なる線を分類して適當に7群に分けたことに就ては、其の個々の群に對して、もつと違つた平均赤色變移を算出することが出来るのであります\*。

\* 或る復線についての詳しい研究に於いて (Ap. J. 70, 312), セント・ジョン氏は此等の困難點を深く研究してゐるが、赤色變移の實在性については深く探究してゐない。



尙ほ又、セント・ジョン氏の觀測は、容易に説明し得ない獨特な系統誤差も現はれて居ります。例へば、氏は波長 4000Å 以上の線については格子による觀測と干渉計による觀測との平均値を取つて居られますが、4000Å 以下では、之れに反して、格子による觀測のみを用ゐて居られ、ために、此の點に於いて、測定結果に一種の飛躍が認められます。故に、あらゆる強度群について

$$\Delta = (B - R)_{\lambda > 4000\text{Å}} - (B - R)_{\lambda < 4000\text{Å}}$$

の差は零より小であります。(第3a表を見られよ。) それ故に、觀測される赤色變移は、紫外線(即ち  $\lambda < 4000\text{Å}$  のもの)が同じ強さの長波の線よりも比較的に大きいのです。尙ほ、此の効果は、バーンズ・メガリス兩氏の觀測では、上記の系統的差違と反對の符號になります。こゝでは、強さが同じく波長の長い光りの場合に、赤色變移は比較的大きくなります、セント・ジョン氏が太陽の邊緣について行つた觀測に於いても、 $\lambda = 4000\text{Å}$  といふ限界の所では之れに丁度相應する飛躍が起ります。但し、符號は反對となります。(第3b表を見られよ。)

第 3a 表

太陽の中央部にて	
J	$\Delta$
13.6	-0.0010Å
6.2	24
5	09
4	23
3	17
2	14
1	12
平均 -0.0016Å	

第 3b 表

太陽の邊緣にて	
J	$\Delta$
11.9	
5.8	-0.0023Å
3.4	-0.0024
1.5	-0.0003
平均	-0.0017 Å

此等の系統的誤差は千分の 3—4Å の程度に結果を偽瞞し、従つて、求められる赤色變移の量の 40—50% に達するものでありますが、其の解決は全く不可能に見えます。

セント・ジョン氏は、方向や分量の區々なる視線流動が比較研究さるべき

波長觀測を亂すものであるといふ考へを確めるために、太陽の邊緣に於ける線の性質を研究しました。太陽の邊緣では、上下流動が決してドブラー効果を引き起しません。従つて、此の太陽邊緣ではフラウンホーファ線が少しも上下流動のために赤色變移を偽瞞されることがありません。事實、太陽邊緣に於ける觀測結果(第4表)は線の強さと並行する變化を示しません。之れ疑ひもなく、上下流動の説を支持する批判として了解されるべきでせう。しかしながら、太陽邊緣に於ける赤色變移は一般に大き過ぎる傾きがあり、殊に、また、此の太陽邊緣では、所謂「邊緣効果」と呼ばれて、未だ其の本性がよく解明されてゐない現象のために、あらゆる波長の光は太陽の邊緣に近づくに従ひ或る一定量だけ増大し、其の量は、今求められる相對論上の赤色變移と同程度である此の現象のために更に大きい系統的偽瞞を受けることゝなります。第4表には、セント・ジョン氏が太陽の邊緣について行つた觀測の結果を掲げます。こゝで、第三行は觀測された數値と相對論の要求する數値との差を記してあります。但し、之れは、相對論からの赤色變移よりも以下にあるわけであります。しかしながら、他の觀測者の行つた結果は、一部分、太陽邊緣に向つて急に増大する數値を示して居ります。

第 4 表

平 均 $\lambda$	平 均 $\lambda$	觀測と理論の差	線 の 數 N
11.9	3894 A	+0.0022A	17
5.8	4567	24	27
3.4	4600	20	48
1.5	4671	00	41

何れにしても、赤色變移は此等の觀測から決して純粹な形式を示しません。只、 $\lambda=1.5$  といふ最も微弱な線群だけがほど正しい赤色變移を見せて居ります。太陽の中央部に於ける觀測値(第2表)と邊緣に於ける觀測値(第4表)とを直接に比較することは無條件には出来ません。何故と言へば、太陽邊緣で觀測された數値は其の線の強度に伴う大小と波長に伴うものとが並行してゐますからです。殊に兩表の二つの行を比較すれば明らかであ

る如く、太陽邊緣に於ける觀測結果は太陽の中央部に於けるものよりも異り、且つ大きい波長範圍にわたつて居ります。かような偶然の差違によつて如何なる程度にまで系統的誤差が觀測中に入つて來るかを決定するには、かのバインス・メガス兩氏の觀測の場合と同様に、セント・ジョン氏の觀測値の種々違つた波長範圍に於ける系統的性質を研究するが好いのです。

セント・ジョン氏は、上述の如く太陽スペクトル中の鐵線についての觀測の外に、尚ほシャン帶中の 500 本以上の線を研究しました。シャン帶中の 515 本の線の比較研究により、赤色變移は  $+0.0046\text{\AA}$  となりました。又、184 本の良好なシャン線から、之れは  $+0.0050\text{\AA}$  となりました。しかるに理論上からは此の數値が  $0.0081\text{\AA}$  となります。こうした太陽中央部での數値を、セント・ジョン氏は太陽邊緣の値に持つて來るために、邊緣効果として  $+0.0026\text{\AA}$  を加へて、結局、それぞれ  $+0.0072\text{\AA}$  及び  $+0.0076\text{\AA}$  といふ値を理論上の數値  $+0.0081\text{\AA}$  に配列させました。しかし、こゝに、理論と合致させるために加へられた邊緣効果なるものは、元々、金屬線について赤色變移の理論値と一致するやうに得られたものでありますから、シャン帶の觀測結果も亦甚だ強く理論を支持するものと言ふことは出來ません。

又、エヴァンシエド氏が只二つのカルシウム線 H 及び K について、極めて注意深く、あらゆる誤差の根源を考慮して行はれた觀測がありますが、之れは兩線が太陽邊緣のプロミネンス中にも輝線となつて現はれてゐますので、其れを電弧の輝線と比較することも出來たわけでありましたが、其の結果は、理論上の數値  $+0.008\text{\AA}$  とは違つた。 $+0.015\text{\AA}$  といふ値を得ました。

要するに、吾々の結論は次の如くであります。即ち、太陽線と地上スペクトルとの比較研究は、太陽線中にある總括的赤色變移を確實に立證します。此の赤色變移は、其の數量も亦ほゞ相對理論に要求される程度のものであります、しかしながら、總ての觀測結果は尚ほ可なり著しく系統的誤差に妨けられ、即ち、波長は太陽面上の所々に於いて原因未知の複雑な影

響にひどく左右せられ、従つて、相對論に要求される赤色變移が在るか否かの明瞭確實なる證明は今尚ほ與へられてゐません。

こゝに直面してゐる難問題の完全な解決は、須く此の問題の根元を研究して、種々の系統的誤差の原因を明らかにするのでなければ成就しません。實際、太陽線中に赤色變移が存在するか否かの問題は、次ぎの如き、全く無關係の二つの疑問を藏して居ます：

1. 地上に於いて、純粹正確な方法でスペクトル線の波長を提供する光源は何であるか？

2. 太陽面の所々に於いてスペクトル線の位置が絶えず變動することが知れてゐる以上、フラウンホーファ線の標準波長とは何であるか？

まづ、若し此の二つの問題が決定されたならば、其の時は、太陽と地球とに於けるスペクトル線の波長の差を總括的に言ひ表はすることが可能となりませう。勿論、セント・ジョン氏がキルソン山で着手して大成功を納められた如く、此等の研究を極めて注意深く、太陽面上に於いて行ふべきでせう。しかし、私の考へでは、第一の疑問は、こゝに取り扱はれる問題と結合しただけでは、解決の望みが少ないでせうと思はれます。例へば、吾々の知る所によれば、一つの電弧燈に於いて、電極の距離が 12—15 ミリである場合、これから發出される光の波長は、電弧の中央から僅か數ミリだけ陰極の方へ移動した場合にも、既に、求められてゐる重力變移量の幾倍も變移して見えるのですから、電弧燈を地上の比較光源として用ゐることは問題であります。又、眞空電弧を用ふるとしても此の困難は除かれるとは思はれません。何故と言へば氣壓計で測つた氣壓といふものは、電弧の内部に起つてゐる渦巻き現象を決して確實に表はしませんから。使用される電弧の種類を會議で決定することも、決して困難を除去することにはなりません。

此等の理由によりまして、わがボツダムでも、赤色變移の立證を研究するために第一着手として地上光源の研究から始めました。私は、後に、ごく簡單ながら此の研究の進捗について御報告申しませう。何故と言へば、今は未だ此の研究の最後の結果を斷定する適當な時とは思ひませんけれ

ど、それでも従來の結果により既に、觀測が如何ほどまで系統的誤差によつて色づけられてゐるかといふことが判りますから、こうした難問題を詳解するためには、是非にも、太陽雰圍氣の全問題と、標準波長の全問題を調査して見なければなりません。

キング氏に據れば、地上光源を、太陽雰圍氣中の状態(殊に壓力について)に同じくして研究するには、水銀柱 0.01—0.1 ミリ程度の眞空内に於いて 2000 度以上の溫度を保たしめる設備をしなければなりません。太陽の翻逆層の中の氣壓は此の範圍のものです。電氣爐中に於いて此うした純熱學的條件で作りが得るスペクトルは、豫想される如く、非常に線が少なくあります。しかるに、シウラ・タルフ兩氏は約 2000 度に熱せられた電氣爐の内部で、上述の如き低壓の下に電氣放電をやりましたところ、今まで殆んど作り得なかつたやうな鮮明さと強度のスペクトル線が現はれて、所謂電弧の極効果は見えませんでした。此の光源の詳細についてはタルフ氏の詳しい論文(Z. Physik 44, H.3)を見て頂きたいと思ひます。此の光源は上述の問題研究のための標準光源として有用らしくあります。之れにより、太陽スペクトル中のフラウンホーファ線に相當するやうな可なり線の多い吸收スペクトルも得られます。

此うした新發見の光源によつて鐵のスペクトル線を研究しましたところ、到達し得る線の細さについては、今までボツダムの高塔望遠鏡の大格子スペクトル寫眞儀によつて完全に達し得た鮮明さに、も早や達し得ないことが分りました。即ち、總ての線が皆其の極めて近くにゴースト(虚像)を現はし、之れは皆今まで別の光源を使つてゐた場合には線の不鮮明のために蔭されてゐたものです。此等の格子の誤差の原因は、ザルム氏が長い間の努力によつて取り去られました。即ち此等の原因は、平面格子の格子線が正しく直線でなかつたり、又は、何か不明の理由により部分々々が正しく作られてゐなかつたのに因るらしいのです。ある線の近くに出來て妨害となる伴線(Begleiter)は、90 ミリの格子線條の長さを「しほり」によつて 25—30 ミリに短縮することによつて除去されます。尤も之れがために、器械の光力を減じますけれど、しかし分光寫眞儀の分解力は變りません。こ

うして「しほり」をかけた格子を使つて太陽スペクトルを撮影して見ますと、太陽スペクトル中には非常に鮮細な吸収線が存在することが知れます。一般にフラウンホーファ線の外見がボンヤリするのは、とにかく、一部分、格子誤差によるのです。鐵のスペクトル線の中では、ごく僅かの復線が此の如き鮮明さになります。之れは原子の基本状態、即ち、小さい作用斷面から生ずるものでありますから、つまり此等の線が原子内部のスタルク効果の僅かな影響に歸すべきものであります。

これにより、精密に觀測し得べき線の數は極めて少數となりますけれども、測定の精密度は進歩し、系統的誤差の危険は著しく下ります。

こうした理由により、赤色變移の全研究は、上述のやうな、ごく特別な細線にのみ限られ、此等の線だけについて太陽面上の波長決定をしなければならないことになります。此の目的のために、全太陽面の邊緣にまでも渡つて一様に定められた點に於ける波長を、太陽の中央部の一點のそれと比較し、こうして太陽面に沿ふて波長の變化を追蹟しなければなりません。此の觀測は今尚ほ終了するに至りませんが、しかし、所謂「邊緣効果」なるものが極めて著しく現はれてますが、其れに反して、上下流動は少しも現はれて居ません。とにかく、フラウンホーファ線は全太陽面に沿ふて可なり獨特な變化を現はし、従つて此等の一々の原因が判明しない間は吾々の最後の問題の結局は何も言ひ得ないわけであります。第2圖に太陽の種々の直徑に沿ふて波長の變化が現はされて居ます。

天文上の一つの問題を解く場合には、まづ標準とすべき地上光源の研究をやらねばなりません。其れは多くの副研究の完了の後に最後の結果が得られるといふ大事業であります。何と言つても、相對理論を實驗的に立證するといふ大事業は今日まだ決して終了したわけではありません。(山本澤 Naturwissenschaften 18, 22)

